



115
B-2
5/20/02

03CO
#5

OFGS File No: P/1071-1540

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of

OGIURA, Mitsugu

Serial No.: 10/045,965

Date Filed: January 10, 2002

New York, New York

Date: February 6, 2002

For: ACCELERATION SENSOR AND METHOD OF MANUFACTURING SAME

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

In accordance with 35 U.S.C. Sec. 119, applicant(s) confirm(s) the request for priority under the International Convention and submits herewith the following documents in support of the claim:

Certified Copy of Japanese Application:
2001-004587 filed on January 12, 2001

Respectfully submitted,

Martin Pfeffer

Registration No.: 20,808

OSTROLENK, FABER, GERB & SOFFEN, LLP

1180 Avenue of the Americas

New York, New York 10036-8403

Telephone: (212) 382-0700



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 1月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-004587

出 願 人

Applicant(s):

株式会社村田製作所

2001年12月28日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3112296

【書類名】 特許願

【整理番号】 10464

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01P 15/09

【発明者】

 【住所又は居所】 京都府長岡京市天神 2 丁目 2 6 番 1 0 号 株式会社村田
 製作所内

 【氏名】 荻浦 美嗣

【特許出願人】

 【識別番号】 000006231

 【氏名又は名称】 株式会社村田製作所

 【代表者】 村田 泰隆

【代理人】

 【識別番号】 100085497

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 筒井 秀隆

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 036618

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9004890

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 加速度センサおよびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電素子と、この圧電素子の長さ方向両端部を支持する支持部材とを備え、

前記圧電素子は 4 層以上の偶数層の圧電体層を積層してなり、

前記圧電素子の層間および表裏主面に電極が設けられ、

前記層間電極は、加速度が印加されたときに圧電素子に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に分割された電極と、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極とで構成され、

前記 2 種類の層間電極が圧電体層を挟んで交互に積層されており、

前記圧電素子の厚み方向中央の層間電極が分割された電極であり、

前記圧電素子の表裏主面の電極は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極であり、

前記圧電体層は、加速度が作用した際に、前記長さ方向の端部に引き出された電極の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極されていることを特徴とする加速度センサ。

【請求項 2】 前記圧電素子は 4 層の圧電体層を積層してなり、

前記圧電体層は、すべての層間電極の両側の圧電体層において逆方向となるように、厚み方向に分極されていることを特徴とする請求項 1 に記載の加速度センサ。

。

【請求項 3】 圧電素子と、この圧電素子の長さ方向両端部を支持する支持部材とを備え、

前記圧電素子は 5 層以上の奇数層の圧電体層を積層してなり、

前記圧電素子の層間および表裏主面に電極が設けられ、

前記層間電極は、加速度が印加されたときに圧電素子に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に分割された電極と、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極とで構成され、

前記圧電素子の厚み方向中央の圧電体層を挟む両側の層間電極が分割された電極であり、

前記厚み方向中央の圧電体層を除く他の層において、前記 2 種類の層間電極が圧電体層を挟んで交互に積層されており、

前記圧電素子の表裏主面の電極は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極であり、

前記圧電体層のうち、厚み方向中央の圧電体層は分極されておらず、他の圧電体層は、加速度が作用した際に、前記長さ方向の端部に引き出された電極の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極されていることを特徴とする加速度センサ。

【請求項 4】前記圧電素子は 5 層の圧電体層を積層してなり、

前記厚み方向中央の圧電体層を除く他の層は、前記層間電極の両側の圧電体層において逆方向となるように、厚み方向に分極されていることを特徴とする請求項 3 に記載の加速度センサ。

【請求項 5】圧電セラミックからなる平板状のグリーンシートを $4n$ 枚 (n は 1 以上の整数) 準備する工程と、

少なくとも 1 枚のグリーンシートの表面に、個々の圧電素子の長さ方向中央部および両端部と対応する位置ごとに導電ペーストを塗布して分割電極を複数素子分形成する工程と、

他の少なくとも 2 枚のグリーンシートの表面に、個々の圧電素子の長さ方向端部と対応する位置に引き出されるように導電ペーストを塗布して引出電極を複数素子分形成する工程と、

前記分割電極と引出電極とが交互に、かつ厚み方向中央の電極が分割電極となるように前記グリーンシートを積層する工程と、

前記グリーンシートを焼成処理によって焼成し、複数の圧電体層よりなる圧電セラミック焼成体を作製すると同時に、前記導電ペーストを焼き付ける工程と、

前記圧電セラミック焼成体の表裏主面に、個々の圧電素子の長さ方向中央部および両端部と対応する位置ごとに分割された分極用電極を形成する工程と、

前記分極用電極および分割電極と引出電極との間に直流電界を印加し、圧電セラミック焼成体に対し、加速度が作用した際に、前記引出電極の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極処理を行う工程と、

前記分極用電極同士を相互に接続するか、または分極用電極を除去した後、新たに連続した電極を形成することにより、圧電素子の表裏主面に長さ方向端部に引き出された引出電極を形成する工程と、

前記圧電セラミック焼成体を個々の圧電素子にカットする工程と、

前記カットされた圧電素子の両端面に外部電極を形成し、この外部電極と圧電素子の内部および表裏主面に形成された引出電極とを接続する工程と、を有する加速度センサの製造方法。

【請求項 6】 圧電セラミックからなる平板状のグリーンシートを $4n + 2$ 枚 (n は 1 以上の整数) 準備する工程と、

少なくとも 3 枚のグリーンシートの表面に、個々の圧電素子の長さ方向中央部および両端部と対応する位置ごとに導電ペーストを塗布して分割電極を複数素子分形成する工程と、

他の少なくとも 2 枚のグリーンシートの表面に、個々の圧電素子の長さ方向端部と対応する位置に引き出されるように導電ペーストを塗布して引出電極を複数素子分形成する工程と、

前記分割電極と引出電極とが交互に、かつ厚み方向中央の電極が分割電極となるように前記グリーンシートを積層する工程と、

前記グリーンシートを焼成処理によって焼成し、複数の圧電体層よりなる圧電セラミック焼成体を作製すると同時に、前記導電ペーストを焼き付ける工程と、

前記圧電セラミック焼成体の表裏主面に、個々の圧電素子の長さ方向端部と対応する位置に引き出された引出電極を形成する工程と、

前記分割電極と引出電極との間に直流電界を印加し、圧電セラミック焼成体に対し、加速度が作用した際に、前記引出電極の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部

と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極処理を行う工程と、
前記圧電セラミック焼成体を個々の圧電素子にカットする工程と、
前記カットされた圧電素子の両端面に外部電極を形成し、この外部電極と圧電素子の内部および表裏主面に形成された引出電極とを接続する工程と、を有する加速度センサの製造方法。

【請求項 7】 圧電セラミックからなる平板状のグリーンシートを $4n + 1$ 枚 (n は 1 以上の整数) 準備する工程と、

少なくとも 2 枚のグリーンシートの表面に、個々の圧電素子の長さ方向中央部および両端部と対応する位置ごとに導電ペーストを塗布して分割電極を複数素子分形成する工程と、

他の少なくとも 2 枚のグリーンシートの表面に、個々の圧電素子の長さ方向端部と対応する位置に引き出されるように導電ペーストを塗布して引出電極を複数素子分形成する工程と、

厚み方向中央の圧電体層を挟む両側の電極が分割電極で、その他の層では前記分割電極と引出電極とが交互になるように前記グリーンシートを積層する工程と、
前記グリーンシートを焼成処理によって焼成し、複数の圧電体層よりなる圧電セラミック焼成体を作製すると同時に、前記導電ペーストを焼き付ける工程と、
前記圧電セラミック焼成体の表裏主面に、個々の圧電素子の長さ方向中央部および両端部と対応する位置ごとに分割された分極用電極を形成する工程と、

前記分極用電極および分割電極と引出電極との間に直流電界を印加し、圧電セラミック焼成体に対し、加速度が作用した際に、前記引出電極の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極処理を行う工程と、

前記分極用電極同士を相互に接続するか、または分極用電極を除去した後、新たに連続した電極を形成することにより、圧電素子の表裏主面に長さ方向端部に引き出された引出電極を形成する工程と、

前記圧電セラミック焼成体を個々の圧電素子にカットする工程と、

前記カットされた圧電素子の両端面に外部電極を形成し、この外部電極と圧電素

子の内部および表裏主面に形成された引出電極とを接続する工程と、を有する加速度センサの製造方法。

【請求項 8】 圧電セラミックからなる平板状のグリーンシートを $4n + 3$ 枚 (n は 1 以上の整数) 準備する工程と、

少なくとも 4 枚のグリーンシートの表面に、個々の圧電素子の長さ方向中央部および両端部と対応する位置ごとに導電ペーストを塗布して分割電極を複数素子分形成する工程と、

他の少なくとも 2 枚のグリーンシートの表面に、個々の圧電素子の長さ方向端部と対応する位置に引き出されるように導電ペーストを塗布して引出電極を複数素子分形成する工程と、

厚み方向中央の圧電体層を挟む両側の電極が分割電極で、その他の層では前記分割電極と引出電極とが交互になるように前記グリーンシートを積層する工程と、前記グリーンシートを焼成処理によって焼成し、複数の圧電体層よりなる圧電セラミック焼成体を作製すると同時に、前記導電ペーストを焼き付ける工程と、前記圧電セラミック焼成体の表裏主面に、個々の圧電素子の長さ方向端部と対応する位置に引き出された引出電極を形成する工程と、

前記分割電極と引出電極との間に直流電界を印加し、圧電セラミック焼成体に対し、加速度が作用した際に、前記引出電極の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極処理を行う工程と、

前記圧電セラミック焼成体を個々の圧電素子にカットする工程と、

前記カットされた圧電素子の両端面に外部電極を形成し、この外部電極と圧電素子の内部および表裏主面に形成された引出電極とを接続する工程と、を有する加速度センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は加速度センサおよびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、圧電セラミックスを利用した加速度センサとして、例えば特開平 6 - 2 7 3 4 3 9 号公報に記載のように、一对の圧電セラミック層を対面接合し、その層間に中間電極を設け、表裏主面に信号取出電極を設けたバイモルフ構造の圧電素子を備え、この素子をケース内に両持ち梁構造で収納支持したものが提案されている。この加速度センサでは、圧電セラミック層の長さ方向中央部と両端部とで互いに分極方向を逆にすることで、圧電素子の中央部と両端部双方で発生した電荷を外部へ取り出すことができ、電荷の取り出し効率を高めることができる。

【0003】

また、前記バイモルフ構造の加速度センサでは、圧電セラミック層の中央部と端部それぞれに分極処理を実行する必要上、互いに分離して形成された表面電極を圧電セラミック層の表面に形成しておき、分極処理後に表面電極を一括して覆う接続電極を形成して信号取出電極とする必要がある。このような 2 回にわたる電極形成を省略して製造の手間を省くことができる加速度センサが、特開平 8 - 1 6 6 4 0 1 号公報で提案されている。

【0004】

しかし、前記いずれの構造の加速度センサも、圧電素子が 2 層の圧電セラミック層で構成されるので、圧電素子のもつ静電容量が比較的小さい。そのため、電荷感度はさほど高くできなかった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、電荷感度を高めるため、圧電素子を 3 層以上積層する加速度センサが提案されている（特開平 1 0 - 6 2 4 4 5 号公報参照）。この場合には、圧電体層の積層数を増やすことにより、静電容量を大きくし、電荷感度を高めることが可能である。しかし、この構造ではそれぞれ同一の圧電体層内で分極方向を反転できないことから、電荷を取り出せる領域は圧電体の中央部分に限られ、電荷の取り出し効率が決して高いとは言えない。

【0006】

そこで、本発明の目的は、加速度の印加によって発生する電荷を効率よく収集で

きるとともに、高い電荷感度を有し、検出感度の高い加速度センサを提供することにある。

他の目的は、製造効率がよく、薄型かつ小型で、検出感度の高い加速度センサを製造できる製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

前記目的は、請求項1，3，5～8に記載の発明によって達成される。

すなわち、請求項1に係る加速度センサは、圧電素子と、この圧電素子の長さ方向両端部を支持する支持部材とを備え、前記圧電素子は4層以上の偶数層の圧電体層を積層してなり、前記圧電素子の層間および表裏主面に電極が設けられ、前記層間電極は、加速度が印加されたときに圧電素子に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に分割された電極と、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極とで構成され、前記2種類の層間電極が圧電体層を挟んで交互に積層されており、前記圧電素子の厚み方向中央の層間電極が分割された電極であり、前記圧電素子の表裏主面の電極は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極であり、前記圧電体層は、加速度が作用した際に、前記長さ方向の端部に引き出された電極の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極されていることを特徴とする。

【0008】

請求項3に係る加速度センサは、圧電素子と、この圧電素子の長さ方向両端部を支持する支持部材とを備え、前記圧電素子は5層以上の奇数層の圧電体層を積層してなり、前記圧電素子の層間および表裏主面に電極が設けられ、前記層間電極は、加速度が印加されたときに圧電素子に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に分割された電極と、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極とで構成され、前記圧電素子の厚み方向中央の圧電体層を挟む両側の層間電極が分割された電極であり、前記厚み方向中央の圧電体層を除く他の層において、前記2種類の層間電極が圧電体層を挟んで交互に積層されており、前記

圧電素子の表裏主面の電極は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極であり、前記圧電体層のうち、厚み方向中央の圧電体層は分極されておらず、他の圧電体層は、加速度が作用した際に、前記長さ方向の端部に引き出された電極の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極されていることを特徴とする。

【0009】

請求項1に係る加速度センサでは、圧電素子が4層以上の偶数の圧電体層を積層した構造であり、請求項3に係る加速度センサでは、圧電素子が5層以上の奇数の圧電体層を積層した構造であり、いずれの構造も2層構造の加速度センサに比べて圧電体層の積層数が多いので、静電容量を高めることができる。しかも、圧電体層が、その長さ方向中央部と両端部とで互いに逆方向に分極されているので、圧電素子の中央部と両端部双方で発生した電荷を効率よく収集でき、電荷の取り出し効率を高めることができる。その結果、多層積層体でありながら中央部と両端部の双方から発生電荷を取り出すことができ、従来に比べて高い電荷感度を持つ加速度センサを得ることができる。

【0010】

圧電素子の両端を支持する構造の加速度センサの場合、中央部と両端部では加速度印加時に素子に加わるストレスが圧縮と伸びで異なるため、同一極性の発生電荷を得るには、同一層内で分極方向を逆転させる必要がある。すなわち、分極処理として中央部と両端部とで異なる極性の電圧を印加する必要がある、セラミック表面や層間の電極はショートを防ぐため、印加電圧領域ごとに電氣的に分離する必要がある。一方、電荷を収集する場合には各領域の電極は電氣的に接続されている必要がある。通常は、分極処理後、各領域の電極を接続するプロセスが必要であるが、セラミック内部にて電極を分離した場合、分極後に電極を接続することは、電極と圧電セラミックとを同時焼成する積層体では技術的に不可能である。

そこで、本発明では、セラミック内部に分割された電極（分割電極）と圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極（引出電極）とを交互に形成し、それらの

間で分極処理を行うことで、中央部と両端部とで分極方向が異なる構造を作製することができる。そして、引出電極を介して電荷を収集することで、発生電荷を効率よく取り出すことができる。

【0011】

圧電体層の数が $4n$ の場合と $4n+2$ の場合とで、圧電セラミック焼成体の表裏主面に形成される分極用電極の形状が異なる。すなわち、圧電体層が $4n$ の場合には圧電セラミック焼成体の表裏主面には分割された分極用電極を形成する必要がある。しかし、分割状態のままでは発生した電荷を長さ方向の端部へ取り出すことができないので、これら分割電極を相互に接続する接続用電極を形成したり、分割電極を一旦除去した後、新たに圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極を形成することで、電荷を取り出すことができる。

一方、圧電体層が $4n+2$ の場合には、分極用電極として圧電セラミック焼成体の表裏主面に長さ方向端部へ引き出す電極を形成すればよいので、この電極をそのまま電荷取出用の電極として用いることができる。

【0012】

請求項2では、圧電体層の数を4層としたものである。4層の場合には、構造が最もシンプルで効率よく電荷を取り出すことができ、しかも量産性およびコストに優れるので、望ましい。

また、請求項4では、圧電体層の数を5層としたものである。5層の場合には、厚み方向中央に分極されない中間層が介在するが、4層の場合と同様に、効率良く電荷を取り出すことができる。

【0013】

請求項5～8に記載の製造方法によれば、分割された電極と長手方向に接続された電極とを交互に積層した構造とし、圧電セラミック焼成体を各素子に細分する前の親基板の状態で、分割された電極を外部に引き出し、この電極と長手方向に接続された電極との間に直流電界を印加することで、圧電体層を長手方向中央部と両端部の分極方向が逆になるように分極可能となる。また、本発明ではグリーンシートの状態で積層し、その焼成と導電ペーストの焼付けとを同時に行うので、多層構造でありながら、薄型の圧電素子を得ることができ、静電容量の向上を

実現できる。そして、分極処理後に圧電セラミック焼成体をカットして個々の素子に細分するので、量産性が高く、均質な圧電素子を得ることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

図1～図3は本発明にかかる加速度センサの第1実施例を示す。

この加速度センサ1Aは、圧電素子2の長さ方向両端部を断面コ字形の一对の支持枠10、11（支持部材）で両端支持したものである。支持枠10、11は圧電素子2と熱膨張係数がほぼ等しい絶縁性セラミック等で構成されている。支持枠10、11の内面には、加速度Gが作用した時に圧電素子2が撓み得る空間を形成するための凹部10a、11aが形成されている。

【0015】

この実施例の圧電素子2は、短冊形状の薄肉な圧電セラミックよりなる4層の圧電体層2a、2b、2c、2dを積層し、一体に焼成したものであり、圧電素子2の層間に電極3、4、5が設けられ、表裏主面に電極6、7が設けられている。層間電極3～5は、加速度が印加されたときに圧電素子2に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に3分割された分割電極4と、圧電素子2の長さ方向の異なる端部に引き出された引出電極3、5とで構成されている。そして、これら2種類の層間電極3～5が圧電体層2a～2dを挟んで交互に積層されている。圧電素子2の厚み方向中央の層間電極4が3分割された分割電極である。なお、分割電極4の分割数は3分割に限定するものではなく、変極点以外の部分でさらに分割されていてもよい。

【0016】

圧電素子2の表裏主面の電極6、7は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子の長さ方向の異なる端部に引き出されている。これら電極6、7は、前記分割電極4と同様に、変極点付近で長さ方向に3分割された電極6a～6cおよび7a～7cと、これら電極を相互に接続する接続電極6d、7dとで構成されている。分割された電極のうち、電極6bは圧電素子2の長さ方向一端部に引き出されており、電極7cは圧電素子2の長さ方向他端部に引き出されている。なお、接続電極6d、7dは単一の電極である必要はなく、例えば電極6aと6bとの

間、電極 6 a と 6 c との間を個別に接続する電極であってもよい。

【0017】

支持枠 10, 11 の両端面を含む圧電素子 2 の長さ方向両端面には、外部電極 8, 9 が形成されている。一方の端面に形成された外部電極 8 は、表主面の電極 6 および引出電極 5 と導通しており、他方の端面に形成された外部電極 9 は、裏主面の電極 7 および引出電極 3 と導通している。

【0018】

前記圧電体層 2 a, 2 b, 2 c, 2 d は、図 2 の太線矢印で示すような方向に分極されている。つまり、層間電極 3 ~ 5 の両側の圧電体層において逆方向となるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極されている。この実施例では、第 1, 第 3 の層 2 a, 2 c の中央部が A 方向で両端部が B 方向であり、第 2, 第 4 の層 2 b, 2 d の中央部が B 方向で両端部が A 方向である。そのため、加速度 G が圧電素子 2 の板厚方向に作用した際に、引出電極 3, 5 の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるようになっている。

【0019】

例えば、図 2 の矢印方向に加速度 G が作用した場合、慣性によって圧電素子 2 の中央部が図 2 の上方へ凸となるよう変位する。そのため、第 1 の層 2 a と第 2 の層 2 b の中央部に伸びストレスが作用し、両端部に縮みストレスが作用する。また、第 3 の層 2 c と第 4 の層 2 d の中央部に縮みストレスが作用し、両端部に伸びストレスが作用する。前記ストレスと分極の方向との関係に基づいて、表主面の電極 6 と引出電極 5 にはマイナスの電荷が発生し、裏主面の電極 7 と引出電極 3 にはプラスの電荷が発生する。マイナスの電荷は、一方の端面に形成された外部電極 8 から取り出され、プラスの電荷は、他方の端面に形成された外部電極 9 から取り出される。

したがって、この加速度センサ 1 A では、積層構造でありながら、各圧電体層の中央部と両端部の双方から発生電荷を収集できるので、加速度 G の印加に伴う電荷収集量が増え、検出感度を従来に比べて高めることができる。

【0020】

表 1 は、前記実施例における 4 層構造の圧電素子 2 を用いた加速度センサ 1 A と、2 層構造で、内部電極の両側の圧電体層において逆方向となるように、かつ中央部と両端部で逆方向となるように厚み方向に分極した加速度センサ X（特開平 8 - 1 6 6 4 0 1 号公報の図 1 参照）と、同じく 2 層構造で、内部電極の両側の圧電体層において同方向となるように、かつ中央部と両端部で逆方向となるように厚み方向に分極した加速度センサ Y（特開 2 0 0 0 - 1 2 1 6 6 1 号公報の図 1 参照）について、その静電容量、発生電荷、電圧感度を、加速度センサ B を 1 として比較したものである。

表 1 から明らかなように、本発明にかかる加速度センサ 1 A の静電容量は従来の加速度センサ X，Y に比べて 2．5 倍～1 0 倍と高く、発生電荷も 1．8 倍～3．6 倍と高い。その結果、検出感度が最も良好であることがわかる。

【0 0 2 1】

【表 1】

加速度センサ	静電容量比（倍）	発生電荷比（倍）
X	1	1
Y	4	2
1 A	1 0 . 1	3 . 6

【0 0 2 2】

次に、前記構成よりなる加速度センサ 1 A の製造方法を、図 3 にしたがって説明する。

まず、図 3 の（a）で示すように、複数の圧電素子分の大きさを有する薄肉な矩形状のセラミックグリーンシート G 1 ～G 4 を 4 枚準備する。このうち、第 2 層のグリーンシート G 2 の上面に引出電極 3 となる導電ペーストをスクリーン印刷などの手法を用いて塗布し、同様に第 3 層のグリーンシート G 3 の上面に分割電極 4 となる導電ペーストを塗布し、第 4 層のグリーンシート G 4 の上面に引出電極 5 となる導電ペーストを塗布する。電極 3 ～5 の塗布パターンは、図 3 の紙面に垂直な方向に延びる帯状電極とすればよい。なお、最上層のグリーンシート G

1 には導電ペーストを塗布しない。

【 0 0 2 3 】

次に、図 3 の (b) のように、4 枚のグリーンシート G 1 ～ G 4 を積層、圧着して積層体 L を得る。このとき、引出電極 3，5 および分割電極 4 がグリーンシートの中で挟まれる。そして、この積層体 L を所定温度（例えば 1 0 0 0 ℃ 程度）で焼成処理すると、積層状態のグリーンシート同士が互いに接合され、同時に内部に設けられた電極 3 ～ 5 も焼き付けられ、圧電セラミック焼成体 F を得る。

【 0 0 2 4 】

次に、図 3 の (c) のように、圧電セラミック焼成体 F の表裏主面に導電ペーストを塗布し、乾燥、焼付けを行い、分割された電極 6 a ～ 6 c および 7 a ～ 7 c を形成する。そして、これら電極 6 a ～ 6 c および 7 a ～ 7 c、引出電極 3，5、分割電極 4 の間に直流電界を印加することにより、圧電セラミック焼成体 F に対し、A，B 方向の分極処理を行う。特に、層間電極 3，4，5 は圧電セラミック焼成体 F の内部に埋設されているので、これら電極に電界を印加することは困難であるが、これら電極 3，4，5 はいずれも圧電セラミック焼成体 F の奥行き方向（紙面と垂直な方向）に延びる帯状電極であるから、これら電極 3，4，5 の一端を圧電セラミック焼成体 F の外部へ引き出し、これら電極 3，4，5 および表裏主面の電極 6 a ～ 6 c、7 a ～ 7 c との間に直流電界を印加することで、所望の方向に分極することができる。

なお、分極方法として、複数回にわたって分極を実施してもよいし、電位差のある複数種類の電圧を利用して 1 回で分極を実施してもよい。

【 0 0 2 5 】

分極終了後、図 3 の (d) のように、圧電セラミック焼成体 F の表裏主面に、分割された電極 6 a ～ 6 c および 7 a ～ 7 c を相互に接続するための接続電極 6 d，7 d を形成する。この接続電極 6 d，7 d は、導電ペーストを印刷して形成してもよいが、スパッタリングや蒸着などの薄膜形成法で形成してもよい。

【 0 0 2 6 】

接続電極 6 d，7 d を形成した後、図 3 の (e) のように、親基板状態の支持枠 1 0 M，1 1 M を圧電セラミック焼成体 F の表裏主面に接着する。そして、圧電

セラミック焼成体 F と支持枠 1 0 M, 1 1 M とを長さ方向 (カッタイン C L) および紙面と平行な方向でカットすることにより、図 3 の (f) のようなセンサ素子 E を得る。

その後、各センサ素子 E の両端面に外部電極 8, 9 を形成することにより、図 1, 図 2 に示す加速度センサ 1 A を得ることができる。

【 0 0 2 7 】

図 4 は本発明に係る加速度センサの第 2 実施例を示す。

この実施例の加速度センサ 1 B では、圧電素子 2 の表裏主面に設けられる電極 6, 7 を連続した 1 つの電極としたものである。

第 1 実施例では、圧電素子 2 の表裏主面に設けられる電極 6, 7 を、分極用の分割電極 6 a ~ 6 c および 7 a ~ 7 c と、その上を覆う接続電極 6 d, 7 d との組み合わせとしたものであるが、2 種類の電極の接合性が悪くなると、剥離の恐れが生じる。そこで、分極用の分割電極 6 a ~ 6 c、7 a ~ 7 c を一旦除去し、その後で新たに圧電素子 2 の長さ方向の異なる端部に引き出された引出電極 6, 7 を形成したものである。

引出電極 6, 7 の形成方法は、導電ペーストを印刷して形成する方法や、スパッタリング、蒸着などの薄膜形成法を用いてもよい。

【 0 0 2 8 】

図 5 は本発明に係る加速度センサの第 3 実施例を示す。

この実施例の加速度センサ 1 C では、圧電素子 2 0 の圧電体層の数を 6 層としたものである。なお、支持枠 1 0, 1 1 は図 2 と同一であるため、同一符号を付して重複説明を省略する。

圧電素子 2 0 は 6 層の圧電体層 2 0 a ~ 2 0 f を積層し、一体に焼成したものであり、圧電素子 2 0 の層間に電極 2 1 ~ 2 5 が設けられ、表裏主面に電極 2 6, 2 7 が設けられている。層間電極 2 1 ~ 2 5 は、加速度が印加されたときに圧電素子 2 0 に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に 3 分割された分割電極 2 1, 2 3, 2 5 と、圧電素子 2 0 の長さ方向の異なる端部に引き出された引出電極 2 2, 2 4 とで構成されている。そして、これら 2 種類の層間電極 2 1 ~ 2 5 が圧電体層 2 0 a ~ 2 0 f を挟んで交互に積層されている。圧

電素子 2 0 の厚み方向中央の層間電極 2 3 が 3 分割された分割電極である。

【 0 0 2 9 】

圧電素子 2 0 の表裏主面の電極 2 6, 2 7 は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子 2 0 の長さ方向の異なる端部に引き出されている。支持棒 1 0, 1 1 の両端面を含む圧電素子 2 0 の長さ方向両端面には、外部電極 2 8, 2 9 が形成されている。一方の端面に形成された外部電極 2 8 は、裏主面の電極 2 7 および引出電極 2 2 と導通しており、他方の端面に形成された外部電極 2 9 は、表主面の電極 2 6 および引出電極 2 4 と導通している。

【 0 0 3 0 】

前記圧電体層 2 0 a ~ 2 0 f は、図 5 の太線矢印で示すような方向に分極されている。つまり、層間電極 2 2 ~ 2 4 の両側の圧電体層において逆方向となるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極されている。また、層間電極 2 1 および 2 5 については、その両側の圧電体層で同方向に分極されている。この実施例では、第 1, 第 2 および第 4 の層 2 0 a, 2 0 b, 2 0 d の中央部が A 方向で両端部が B 方向であり、第 3, 第 5 および第 6 の層 2 0 c, 2 0 e, 2 0 f の中央部が B 方向で両端部が A 方向となっている。そのため、加速度 G が圧電素子 2 0 の板厚方向に作用した際に、引出電極 2 2, 2 4 の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるようになっている。したがって、矢印方向に加速度 G が作用した場合、図示するように各層の中央部と両端部とで伸びストレスと縮みストレスとが作用し、これらストレスと分極の方向との関係に基づいて、引出電極 2 2 と裏面電極 2 7 にはマイナスの電荷が発生し、引出電極 2 4 と表面電極 2 6 にはプラスの電荷が発生し、マイナスの電荷は外部電極 2 8 から取り出され、プラスの電荷は外部電極 2 9 から取り出される。

この場合も、第 1 実施例と同様に、加速度 G の印加に伴う電荷の発生量が増え、検出感度を従来に比べて高めることができる。

【 0 0 3 1 】

図 6 は本発明に係る加速度センサの第 4 実施例を示す。

この実施例の加速度センサ 1 D では、圧電素子 3 0 の圧電体層の数を 8 層とした

ものである。なお、支持棒 10, 11 は図 2 と同一であるため、同一符号を付して重複説明を省略する。

圧電素子 30 は 8 層の圧電体層 30 a ~ 30 h を積層し、一体に焼成したものであり、圧電素子 30 の層間に電極 31 ~ 37 が設けられ、表裏主面に電極 38, 39 が設けられている。層間電極 31 ~ 37 は、加速度が印加されたときに圧電素子 30 に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に 3 分割された分割電極 32, 34, 36 と、圧電素子 30 の長さ方向の異なる端部に引き出された引出電極 31, 33, 35, 37 とで構成されている。そして、これら 2 種類の層間電極 31 ~ 37 が圧電体層 30 a ~ 30 h を挟んで交互に積層されている。圧電素子 30 の厚み方向中央の層間電極 34 が 3 分割された分割電極である。

【0032】

圧電素子 30 の表裏主面の電極 38, 39 は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子 30 の長さ方向の異なる端部に引き出されている。これら電極 38, 39 は、前記分割電極 32, 34, 36 と同様に、変極点付近で長さ方向に 3 分割された電極 38 a ~ 38 c および 39 a ~ 39 c と、これら電極を接続する接続電極 38 d, 39 d とで構成されている。

【0033】

圧電素子 30 の表裏主面の電極 38, 39 は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子 30 の長さ方向の異なる端部に引き出されている。支持棒 10, 11 の両端面を含む圧電素子 30 の長さ方向両端面には、外部電極 40, 41 が形成されている。一方の端面に形成された外部電極 40 は、表主面の電極 38 および引出電極 33, 37 と導通しており、他方の端面に形成された外部電極 41 は、裏裏面の電極 39 および引出電極 31, 35 と導通している。

【0034】

前記圧電体層 30 a ~ 30 h は、図 6 の太線矢印で示すような方向に分極されている。つまり、引出電極 31, 33, 35, 37 の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極されている。この実施例

では、第 2，第 3，第 5 および第 8 の層 3 0 b，3 0 c，3 0 e，3 0 h の中央部が A 方向で両端部が B 方向であり、第 1，第 4，第 6 および第 7 の層 3 0 a，3 0 d，3 0 f，3 0 g の中央部が B 方向で両端部が A 方向となっている。そのため、加速度 G が圧電素子 3 0 の板厚方向に作用した際、図示するように各層の中央部と両端部とで伸びストレスと縮みストレスとが作用し、これらストレスと分極の方向との関係に基づいて、引出電極 3 3，3 7 と表面電極 3 8 にはマイナスの電荷が発生し、引出電極 3 1，3 5 と裏面電極 3 9 にはプラスの電荷が発生し、マイナスの電荷は外部電極 4 0 から取り出され、プラスの電荷は外部電極 4 1 から取り出される。

この場合も、第 1 実施例と同様に、加速度 G の印加に伴う電荷の発生量が増え、検出感度を従来に比べて高めることができる。

【0035】

図 7 は本発明に係る加速度センサの第 5 実施例を示す。

この実施例の加速度センサ 1 E は、5 層の圧電体層を有する圧電素子 5 0 を用いたものである。なお、支持枠 1 0，1 1 は図 2 と同一であるため、同一符号を付して重複説明を省略する。

圧電素子 5 0 は 5 層の圧電体層 5 0 a ～ 5 0 e を積層し、一体に焼成したものであり、圧電素子 5 0 の層間に電極 5 1 ～ 5 4 が設けられ、表裏主面に電極 5 5，5 6 が設けられている。層間電極 5 1 ～ 5 4 は、加速度が印加されたときに圧電素子 5 0 に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に 3 分割された分割電極 5 2，5 3 と、圧電素子 5 0 の長さ方向の異なる端部に引き出された引出電極 5 1，5 4 とで構成されている。圧電素子 5 0 の厚み方向中央の圧電体層 5 0 c を挟む両側の層間電極 5 2，5 3 が分割された電極であり、厚み方向中央の圧電体層 5 0 c を除く他の層において、2 種類の層間電極 5 1 ～ 5 4 が圧電体層を挟んで交互に積層されている。

【0036】

圧電素子 5 0 の表裏主面の電極 5 5，5 6 は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子 5 0 の長さ方向の異なる端部に引き出されている。これら電極 5 5，5 6 は、前記分割電極 5 2，5 3 と同様に、変極点付近で長さ方向に 3 分割された

電極 5 5 a ~ 5 5 c および 5 6 a ~ 5 6 c と、これら電極を接続する接続電極 5 5 d, 5 6 d とで構成されている。

【 0 0 3 7 】

圧電素子 5 0 の表裏主面の電極 5 5, 5 6 は、中央部と両端部とで個別に分極するため、前記分割電極 5 2, 5 3 と同様に、変極点付近で長さ方向に 3 分割された電極 5 5 a ~ 5 5 c および 5 6 a ~ 5 6 c と、これら電極を接続する接続電極 5 5 d, 5 6 d とで構成されている。表裏主面の電極 5 5, 5 6 は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子 5 0 の長さ方向の異なる端部に引き出されている。支持棒 1 0, 1 1 の両端面を含む圧電素子 5 0 の長さ方向両端面には、外部電極 5 7, 5 8 が形成されている。一方の端面に形成された外部電極 5 7 は、裏主面の電極 5 6 および引出電極 5 1 と導通しており、他方の端面に形成された外部電極 5 8 は、表主面の電極 5 5 および引出電極 5 4 と導通している。

【 0 0 3 8 】

前記圧電体層 5 0 a ~ 5 0 e は、図 7 の太線矢印で示すような方向に分極されている。つまり、引出電極 5 1, 5 4 の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極されている。この実施例では、第 1, 第 4 の層 5 0 a, 5 0 d の中央部が A 方向で両端部が B 方向であり、第 2, 第 5 の層 5 0 b, 5 0 e の中央部が B 方向で両端部が A 方向となっている。また、厚み方向中央部の圧電体層 5 0 c は分極されない中性層となっている。そのため、加速度 G が圧電素子 5 0 の板厚方向に作用した際、図示するように各層の中央部と両端部とで伸びストレスと縮みストレスとが作用し、これらストレスと分極の方向との関係に基づいて、引出電極 5 1 と裏面電極 5 6 にはマイナスの電荷が発生し、引出電極 5 4 と表面電極 5 5 にはプラスの電荷が発生し、マイナスの電荷は外部電極 5 7 から取り出され、プラスの電荷は外部電極 5 8 から取り出される。

この場合には、厚み方向中央部の圧電体層 5 0 c は電荷を発生しない中性層であるが、第 1 実施例とほぼ同様に、長さ方向中央部と両端部とでそれぞれ電荷を取り出すことができるため、加速度 G の印加に伴う電荷の発生量が増え、検出感度

を従来に比べて高めることができる。

【0039】

図8は本発明に係る加速度センサの第6実施例を示す。

この実施例の加速度センサ1Fは、7層の圧電体層を有する圧電素子60を用いたものである。なお、支持枠10、11は図2と同一であるため、同一符号を付して重複説明を省略する。

圧電素子60は7層の圧電体層60a～60gを積層し、一体に焼成したものであり、圧電素子60の層間に電極61～66が設けられ、表裏主面に電極67、68が設けられている。層間電極61～66は、加速度が印加されたときに圧電素子60に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に3分割された分割電極61、63、64、66と、圧電素子60の長さ方向の異なる端部に引き出された引出電極62、65とで構成されている。圧電素子60の厚み方向中央の圧電体層60dを挟む両側の層間電極63、64が分割された電極であり、厚み方向中央の圧電体層60dを除く他の層において、2種類の層間電極61～66が圧電体層を挟んで交互に積層されている。

【0040】

圧電素子60の表裏主面の電極67、68は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子60の長さ方向の異なる端部に引き出されている。支持枠10、11の両端面を含む圧電素子60の長さ方向両端面には、外部電極69、70が形成されている。一方の端面に形成された外部電極69は、裏主面の電極68および引出電極62と導通しており、他方の端面に形成された外部電極70は、表主面の電極67および引出電極65と導通している。

【0041】

前記圧電体層60a～60gは、図8の太線矢印で示すような方向に分極されている。つまり、引出電極62、65の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように厚み方向に分極されている。この実施例では、第1、第2、第5の層60a、60b、60eの中央部がA方向で両端部がB方向であり、第3、第6、第7の層60c、60f、60gの中央部がB方向で両端部が

A方向となっている。また、厚み方向中央部の圧電体層60dは分極されない中性層となっている。そのため、加速度Gが圧電素子60の板厚方向に作用した際、図示するように各層の中央部と両端部とで伸びストレスと縮みストレスとが作用し、これらストレスと分極の方向との関係に基づいて、引出電極62と裏面電極68にはマイナスの電荷が発生し、引出電極65と表面電極67にはプラスの電荷が発生し、マイナスの電荷は外部電極69から取り出され、プラスの電荷は外部電極70から取り出される。

この場合には、厚み方向中央部の圧電体層60dは電荷を発生しない中性層であるが、第1実施例とほぼ同様に、長さ方向中央部と両端部とでそれぞれ電荷を取り出すことができるため、加速度Gの印加に伴う電荷の発生量が増え、検出感度を従来に比べて高めることができる。

【0042】

前記実施例では、4n層の例として第1、第2および第4実施例を例示し、4n+2層の例として第3実施例を例示し、さらに4n+1層の例として第5実施例を例示し、4n+3層の例として第6実施例を例示した。これらの例はほんの数例であり、層数を増やすことは可能である。

また、図3ではセラミックグリーンシートを導電ペーストを介して積層し、同時焼成により圧電素子を得るようにしたが、予め焼成済のセラミック板を複数枚積層して圧電素子を得るようにしてもよい。ただし、グリーンシートの状態で積層した方がより薄肉に構成でき、静電容量の拡大と小型化とを実現できるとともに、製造工程を簡素化できるので、好ましい。

【0043】

【発明の効果】

以上の説明で明らかなように、本発明に係る加速度センサによれば、圧電素子が4層以上の圧電体層を積層した構造を持ち、しかも加速度の印加に伴って圧電体層の長さ方向中央部と両端部とで発生する電荷をそれぞれ取り出すことができるようになっているので、静電容量が大きく、かつ電荷を効率よく収集できる。その結果、検出感度の高い加速度センサを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明にかかる加速度センサの第 1 実施例の斜視図である。

【図 2】

図 1 に示した加速度センサの正面図である。

【図 3】

図 1 に示した加速度センサの製造方法を示す工程図である。

【図 4】

本発明にかかる加速度センサの第 2 実施例の斜視図である。

【図 5】

本発明にかかる加速度センサの第 3 実施例の正面図である。

【図 6】

本発明にかかる加速度センサの第 4 実施例の正面図である。

【図 7】

本発明にかかる加速度センサの第 5 実施例の正面図である。

【図 8】

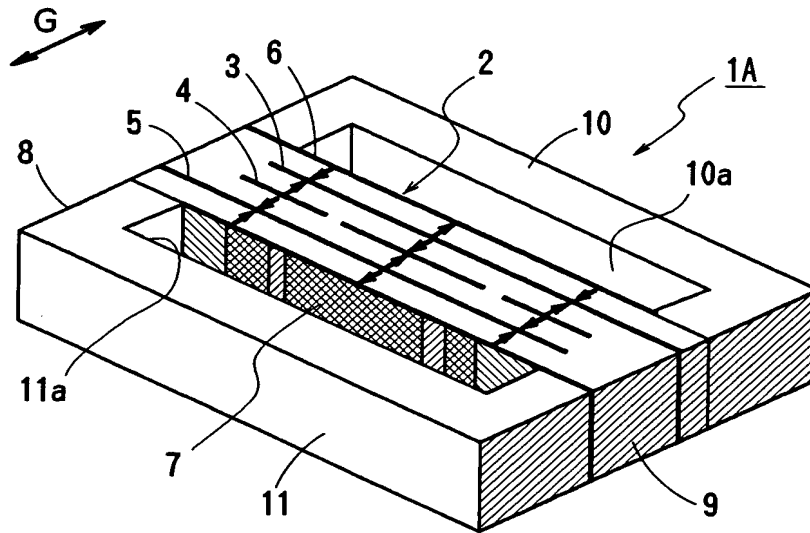
本発明にかかる加速度センサの第 6 実施例の正面図である。

【符号の説明】

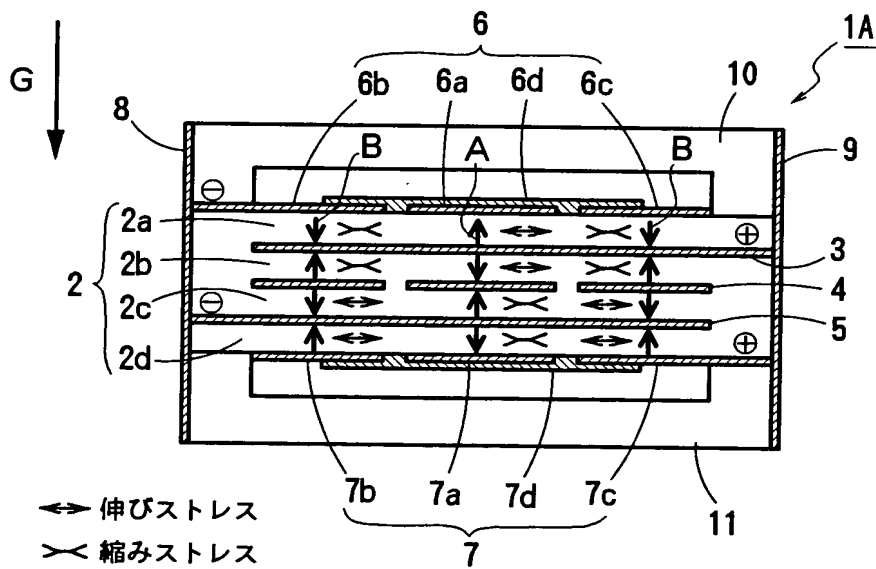
1 A ～ 1 F	加速度センサ
2	圧電素子
3, 5	引出電極
4	分割電極
6, 7	主面電極
8, 9	外部電極
10, 11	支持枠（支持部材）

【書類名】 図面

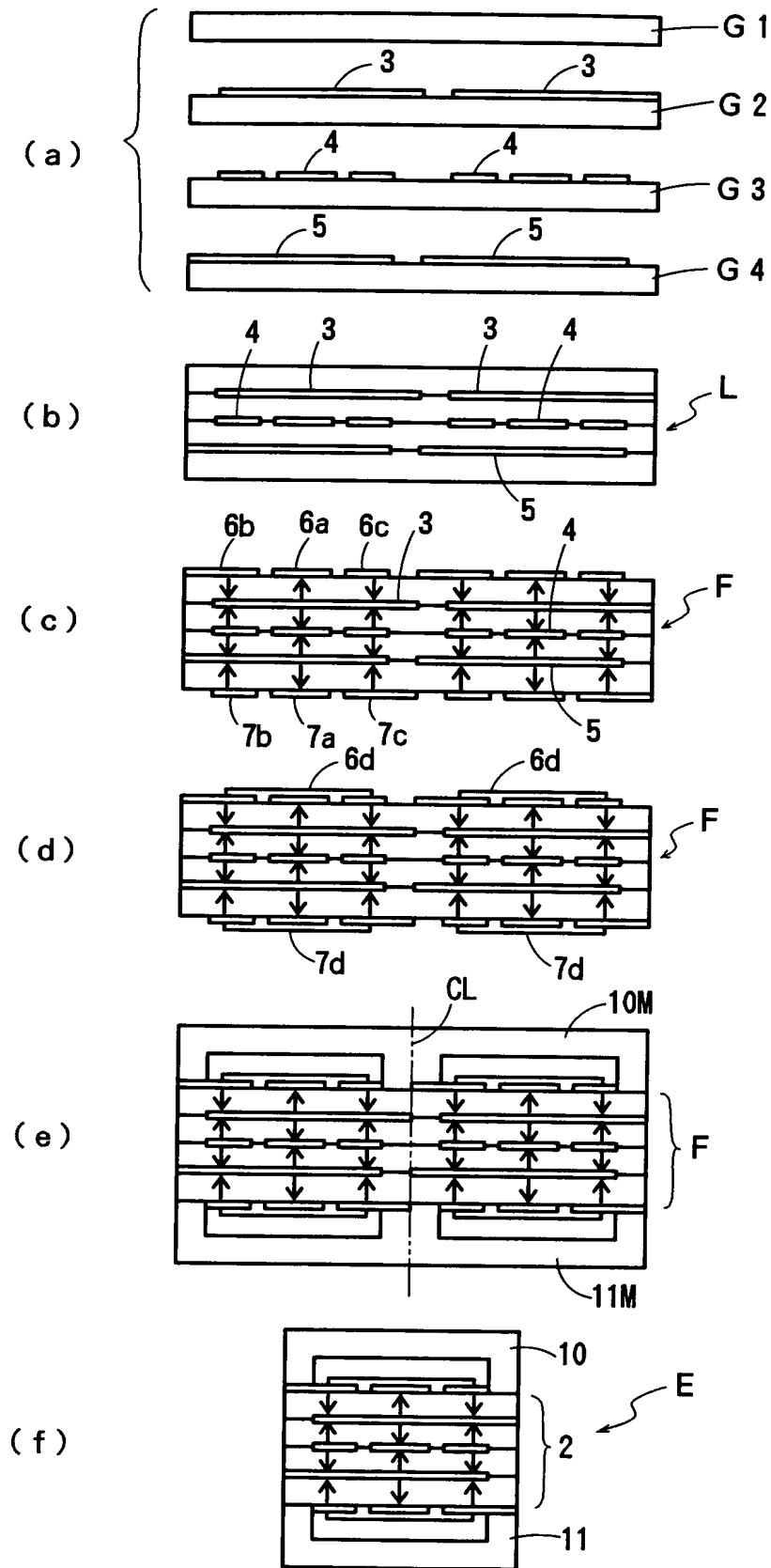
【図 1】



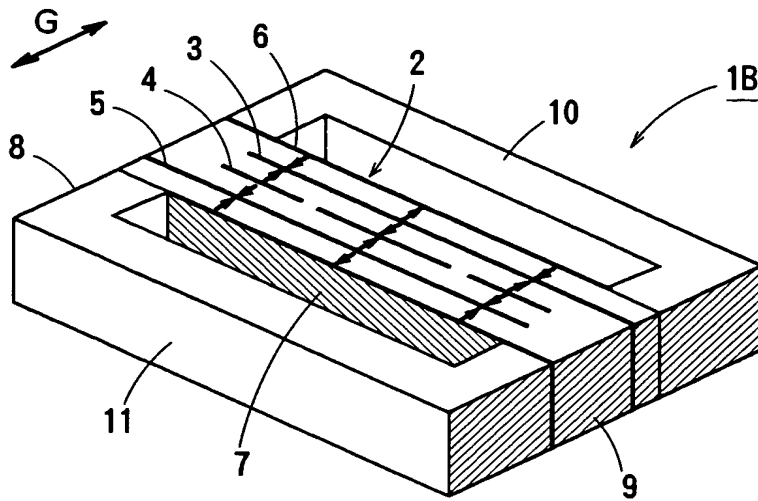
【図 2】



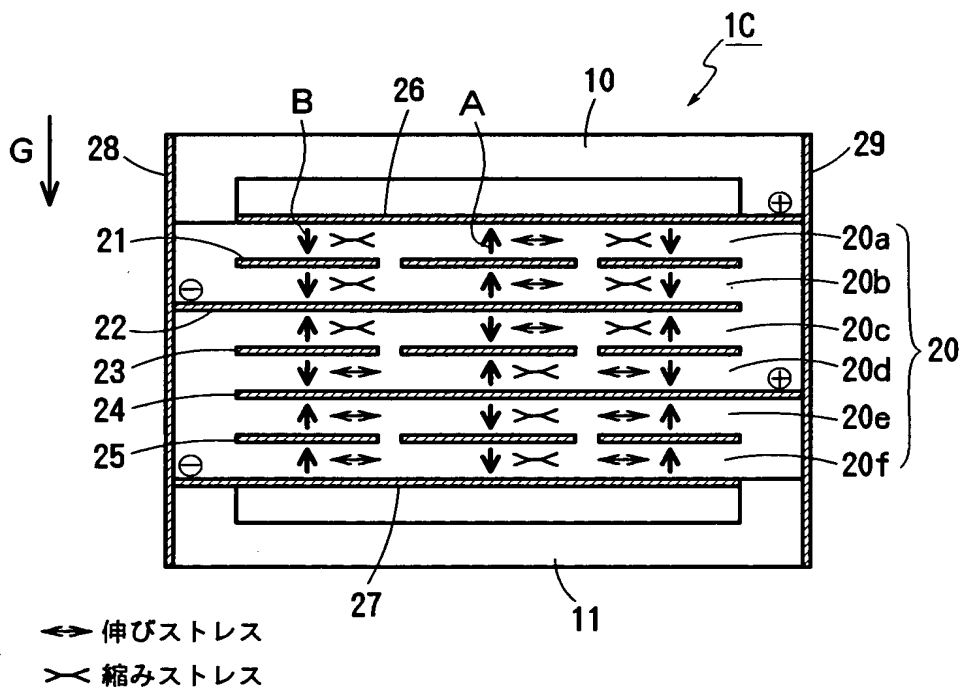
【図 3】



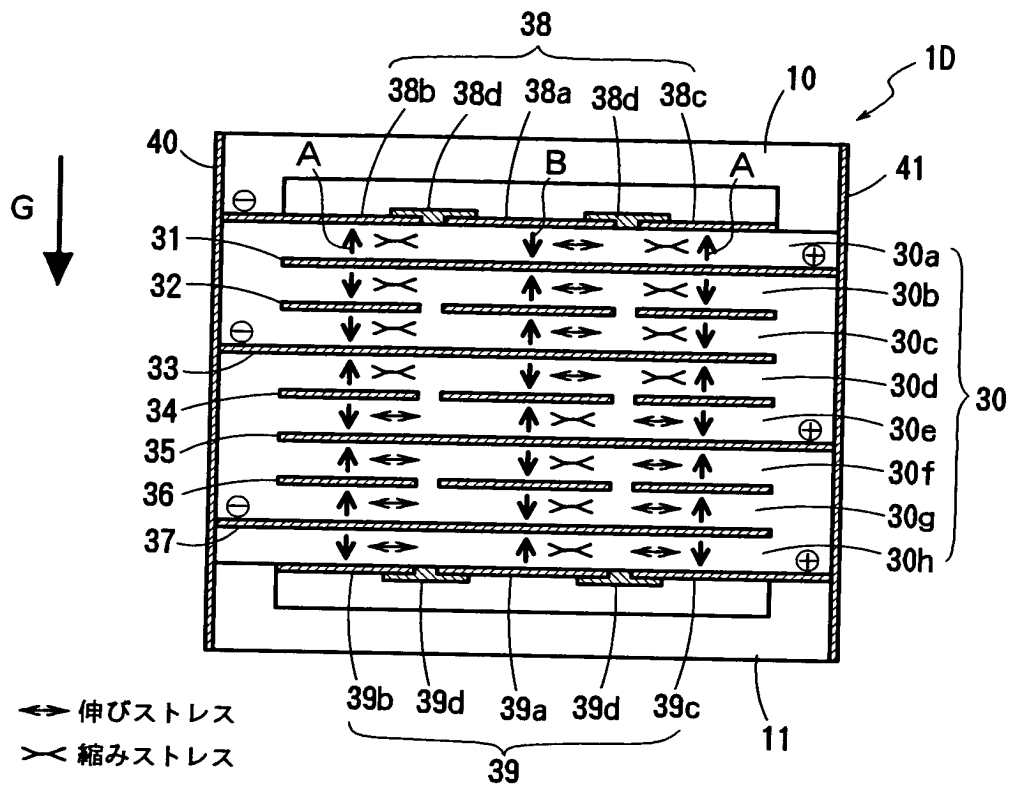
【図 4】



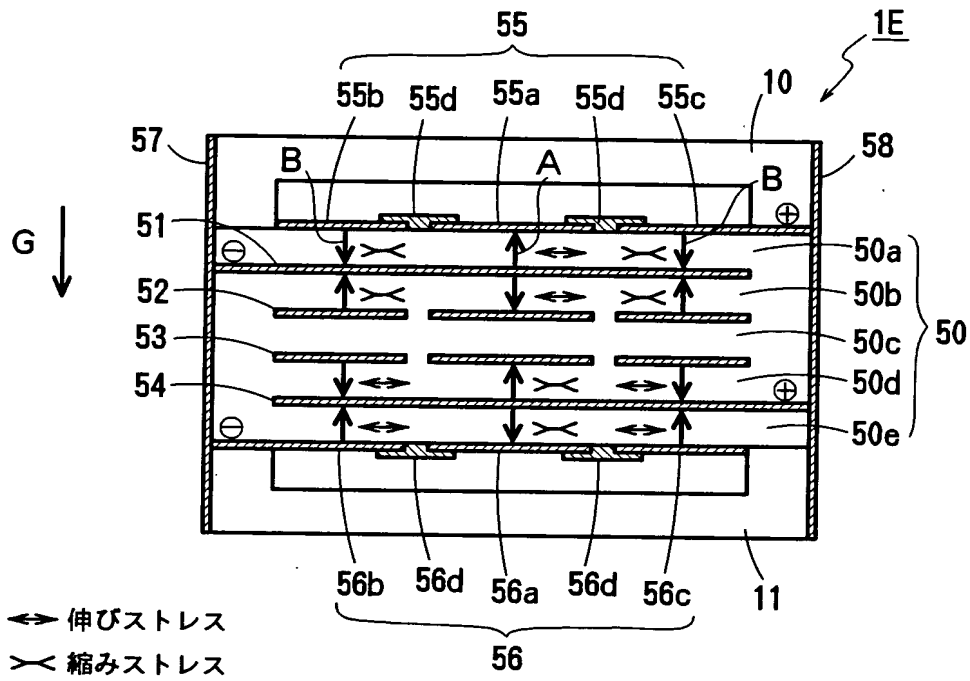
【図 5】



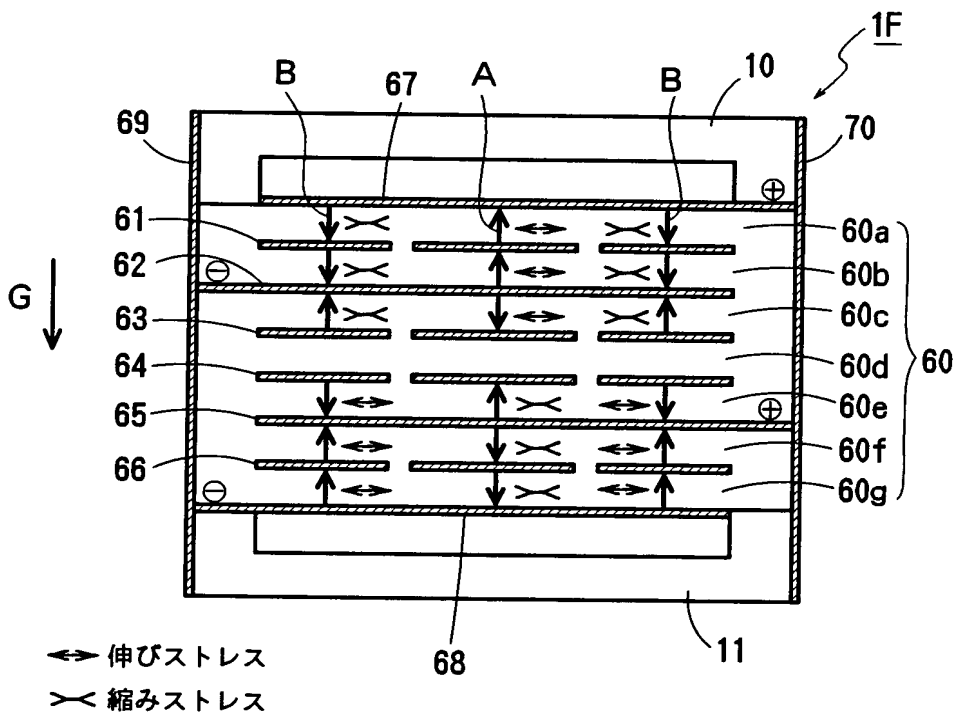
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 加速度の印加によって発生する電荷を効率よく収集できるとともに、高い電荷感度を有し、検出感度の高い加速度センサを提供する。

【解決手段】 加速度センサ 1 A は、圧電素子 2 と、この圧電素子 2 の長さ方向両端部を支持する支持枠 1 0、1 1 とを備える。圧電素子 2 は 4 層以上の偶数層の圧電体層 2 a ~ 2 d を積層してなり、圧電素子 2 の層間および表裏主面に電極が設けられ、層間電極は、加速度が印加されたときに圧電素子に加わる伸びストレスと縮みストレスの変極点付近で長さ方向に分割された電極 4 と、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極 3、5 とで構成される。2 種類の層間電極 3、4、5 が圧電体層を挟んで交互に積層されており、圧電素子 2 の厚み方向中央の層間電極が分割された電極 4 である。圧電素子 2 の表裏主面の電極 6、7 は、発生した電荷を取り出すために、圧電素子の長さ方向の端部に引き出された電極である。圧電体層 2 a ~ 2 d は、加速度が作用した際に、電極の両側の圧電体層において同一極性の電荷がこの電極から取り出されるように厚み方向に分極され、かつ同一の圧電体層内において中央部と両端部とで逆方向となるように分極されている。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-004587
受付番号	50100033590
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成13年 1月15日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 1月12日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 6 2 3 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 京都府長岡京市天神二丁目 2 6 番 1 0 号
氏 名 株式会社村田製作所